ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2020, № 2

УДК 004.891

А.Р. Жангожа
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна
вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033

ПРО ТЕХНІКИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ПРОГРАМИ "АКІНАТОР"

A.R. Zhangozha
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
60, Volodymyrska St., Kyiv, 01033

ON TECHNIQUES OF EXPERT SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE "AKINATOR" PROGRAM

На прикладі онлайн-гри «Акінатор» розглянуті основні принципи, на яких побудовані програми подібного типу. Запропоновано ефективні техніки, за допомогою яких системи штучного інтелекту можуть будувати логічні висновки, що дозволяють ідентифікувати невідомий суб'єкт з його опису (предикату). Для підтвердження розглянутих гіпотез проведено термінологічний аналіз запропонованого автором визначення програми «Акінатор». Починаючи з припущень, поданих авторським визначенням, стаття доповнює їх визначеннями, які представлені іншими дослідниками та аналізує їх складові тези. Наостанок надано пропозиції щодо наступних етапів вдосконалення програми. Програма «Акінатор» свого часу стала однією з найвідоміших онлайн-ігор з використанням штучного інтелекту. І хоча про це прямо не говорилося, для експертів в області штучного інтелекту було зрозуміло, що програма використовує техніки експертних систем і побудована на правилах виведення. На даний момент експертні системи втратили свої позиції в порівнянні з напрямком нейронних мереж у сфері штучного інтелекту, проте, у випадку, що розглядається в статті, мова йде про гібридні ситеми, що поєднують обидва напрямки. Ігри для наповнення семантики взаємодіють з користувачем, розширюючи свою семантичну базу (Базу знань) і використовують певні стратегії для досягнення найкращого результату. Ігрова форма таких програм для наповнення семантики приносить користь для дослідників, залучаючи велику кількість гравців. Стаття розглядає техніки, що застосовуються програмою «Акінатор», а також пропонує можливі її модифікації в подальшому. Дане дослідження, в першу чергу, акцентує увагу на тому, як побудована База знань програми «Акінатор», як вона складається з неповних множин, що можуть в результаті подальших ітерацій запуску програми наповнюватися та коригуватися. Вагомо зазначити подане нами припущення, що порядок запитань, якими користується програма під час гри, відіграє ключову роль, адже визначає її стратегію. Було ідентифіковано, що програма керується принципами немонотонної логіки, тобто припущення, які конструює програма, а також не є остаточними та можуть бути відхилені нею в процесі гри. Розглянуто три основні підходи до наповнення семантики, запропоновані Якубом Шимко та Марією Бєліковою, а саме – робота експертів, краудсорсинг та машинне навчання. Звертаючи увагу на машинне навчання, програма «Акінатор», використовуючи машинне навчання для побудови ефективної стратегії в грі, представляє клас гібридних систем, що суміщають принципи двох головних напрямків у програмах штучного інтелекту – експертні системи та нейронні мережі.

Ключові слова: логіка, експертні системи, База знань, ігри для наповнення семантики, модифіковані міркування, машинне навчання

On the example of the online game Akinator, the basic principles on which programs of this type are built are considered. Effective technics have been proposed by which artificial intelligence systems can build logical inferences that allow to identify an unknown subject from its description (predicate). To confirm the considered hypotheses, the terminological analysis of definition of the program "Akinator" offered by the author is carried out. Starting from the assumptions given by the author's definition, the article complements their definitions presented by other researchers and analyzes their constituent theses. Finally, some proposals are made for the next steps in improving the program. The Akinator program, at one time, became one of the most famous online games using artificial intelligence. And although this was not directly stated, it was clear to the experts in the field of artificial intelligence that the program uses the techniques of expert systems and is built on inference rules. At the moment, expert systems have lost their positions in comparison with the direction of neural networks in the field of artificial intelligence, however, in the case considered in the article, we are talking about techniques using both directions – hybrid systems. Games for filling semantics interact with the user, expanding their semantic base (knowledge base) and use certain strategies to achieve the

best result. The playful form of such semantics filling programs is beneficial for researchers by involving a large number of players. The article examines the techniques used by the Akinator program, and also suggests possible modifications to it in the future. This study, first of all, focuses on how the knowledge base of the Akinator program is built, it consists of incomplete sets, which can be filled and adjusted as a result of further iterations of the program launches. It is important to note our assumption that the order of questions used by the program during the game plays a key role, because it determines its strategy. It was identified that the program is guided by the principles of nonmonotonic logic – the assumptions constructed by the program are not final and can be rejected by it during the game. The three main approaches to acquisite semantics proposed by Jakub Šimko and Mária Bieliková are considered, namely, expert work, crowdsourcing and machine learning. Paying attention to machine learning, the Akinator program using machine learning to build an effective strategy in the game presents a class of hybrid systems that combine the principles of two main areas in artificial intelligence programs – expert systems and neural networks.

Keywords: logic, expert systems, knowledge base, games for filling semantics, modified reasoning, machine learning

Вступ

Одним з найцікавіших підходів до дослідження штучного інтелекту є моделювання інтелектуальних ігор. Поведінка штучного інтелекту в грі включає в себе безліч різних технік і їх комбінацій, при цьому якість штучного інтелекту оцінюється не тільки досягненням результату, а й методом, за допомогою якого програма цього результату намагається досягти. Крім того, інтелектуальні ігри – це, безсумнівно, практична сторона штучного інтелекту, що дозволяє оцінити його якість не тільки експертам даної області, але й всім учасникам гри. Таким чином, ми вивчаємо не тільки як створити штучний інтелект, а й як змусити гравця вірити, що з ним змагається противник, що володіє інтелектом. Ще одним важливим аспектом використання штучного інтелекту в іграх є активне фінансування досліджень, що істотно визначає інтерес до напрямку нових дослідників і постачання матеріально-технічною базою.

У даній статті розглядається раніше популярна серед онлайн-користувачів гра «Акінатор».

«Акінатор» – це інтернет-гра (програма штучного інтелекту). Доступ до гри здійснюється за адресою http://en.akinator.com/, яка може визначити, про якого персонажа думає гравець за допомогою серії запитань з можливими відповідями «Так», «Ні», «Скоріше так», «Скоріше ні» і «Не знаю». Використовуючи їх, програма визначає найкраще запитання, яке слід задати далі, щоб звузити коло пошуку персони, про яку думає користувач [3].

Постановка проблеми

Онлайн-гра «Акінатор» не розкриває секретів свого методу. Постановка проблеми даної статті полягає в спробі визначення цих методів, пошуку відповіді на питання «Як це працює?».

Мета дослідження

Метою дослідження є виявлення цих технік, що, власне, являє з себе завдання запропонувати можливі варіанти вирішення задачі, яку перед собою ставить гра, а саме – розпізнати особистість, яку загадав гравець.

Програма «Акінатор» стала популярною саме завдяки високому коефіцієнту правильних відповідей, тому наступним завданням дослідження є визначити серед знайдених варіантів найбільш ефективні, тобто, у даному випадку, ті, що дозволяють досягти переможного результату за найменшу кількість кроків (запитань).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Пошук матеріалу для написання даного дослідження привів до того, що була знайдена стаття, що також розглядала методи, які використовуються в онлайн-грі «Акінатор» – Карур Насреддін, Улед Джаафрі Сулейман, Тауза Сара «A Report Presented For Dynamic System Module. Akinator» [3]. Тим не менш, це не зменшує актуальність подальшого розгляду проблеми й дозволяє, на основі отриманої інформації, звернути увагу на особливо цікаві аспекти запропонованих технік. Також дана стаття

в якості основного джерела використовує роботу Якуба Шимко та Марії Бєлікової «Semantic Acquisition Games» [2], оскільки «Акінатор» є різновидом саме такого виду ігор – ігор семантичного наповнення. Крім того, ми будемо посилатися на останні актуальні статті та публікації за темою експертних систем, що дозволить більш детально проаналізувати деякі ключові моменти техніки, які використані в грі.

Виклад основного матеріалу

Для початку спробуємо дати власне визначення того, чим є гра «Акінатор». Упродовж дослідження ми можемо подумки зіставляти первинну відповідь із розглянутими техніками й по закінченню викладу проаналізувати, наскільки вона була точною.

Отже, припускаємо наступне робоче визначення, яке буде уточнено в кінці статті: «Акінатор» – експертна система, яка використовує Базу знань з неповними множинами взаємовиключних елементів, пов'язаних між собою модифікованими ймовірнісними міркуваннями й взаємозв'язками, побудована на принципах немонотонної логіки».

Розділимо це визначення на декілька пунктів, з яких воно складається:

1. «Акінатор» – експертна система (комп'ютерна система, яка емулює або діє відповідно механіці прийняття рішень людини-експерта (визначення Едварда Фейгенбаума (Стенфорд)).
2. «Акінатор» містить в собі специфічно побудовану Базу знань, яку активно використовує в процесі гри.
3. База знань складається з неповних множин. Тобто таких, що можуть у подальшому розширюватися – доповнюватися новими елементами.
4. Елементи кожної з множин – взаємовиключні. Програма може обрати тільки один з елементів побудованої множини.
5. Множини пов'язані між собою модифікованими міркуваннями й взаємозв'язками. Це значить, що припущення (аргумент), яке продукує перехід від однієї множини до іншої («Якщо в множині *A* використаний елемент *l*, то переходимо до множини *Y*») не має абсолютного статусу й може коригуватися в міру наповнення гри новими даними у результаті наступних ітерацій.
6. «Акінатор» використовує принципи немонотонної логіки. Це – обов'язковий момент у грі, що дозволяє при виявленні протиріч не видавати критичну помилку й запускати гру із самого початку, а продовжувати ігровий процес, провівши коригування лише на проблемних ділянках (тих взаємозв'язках між множинами, в яких виникають протиріччя).

З одного боку, ми сконструювали досить громіздке визначення для, здавалося б, простої, на перший погляд, гри. Однак цим самим ми спробували дати найбільш повний опис початкової тези, який відразу фіксує ті техніки, які будуть розглянуті в статті й перевірені на відповідність дійсному стану справ.

Приступимо до аналізу, починаючи від найбільш загальних концепцій, переходячи до більш конкретних / спеціалізованих, але перед цим одразу ж звернемося до існуючих описів для даної гри. Завдяки цьому вийде побудувати найбільш коректний маршрут дослідження, мінімізуючи ймовірність різких переходів від однієї теми до іншої, або кардинальних поворотів, що значно змінять початковий підхід.

Визначення, що було дано у вступній частині, релевантне для загального розуміння суті гри. Звернемося до нього ще раз: «Акінатор» – інтернет-гра, яка визначає, який персонаж був загаданий гравцем за допомогою послідовних питань з можливими варіантами відповіді: «Так», «Ні», «Скоріше так», «Скоріше ні», «Не знаю» і, в залежності від обраного, визначити наступне питання, яке дозволить зменшити кількість потенційних персонажів, серед яких знаходиться той, який був задуманий гравцем [3]. (Відразу зазначимо, що на даний момент в англійській версії «Акінатор» можна обрати одну з трьох тем – «Персонажі», «Об'єкти», «Тварини». У даному дослідженні ми будемо розглядати

першу з них – «Персонажі», як ту, з якої ця гра з'явилася, й яка, як прийнято, використовується як референс.

У цьому визначенні, на нашу думку, варто звернути увагу на два ключові моменти – кількість запропонованих варіантів відповіді й те, що за допомогою даної гравцем відповіді «Акінатор» визначає, яке питання задати наступним. Ці пункти не входять у протиріччя із запропонованим нами визначенням, і, вважаємо, навпаки, його доповнюють.

Доповнення перше. Програма використовує багатозначну логіку, а саме п'ятизначну, зі значеннями істинності від виразно істинного до виразно помилкового, з двома проміжними варіантами відповідей «Скоріше так» і «Скоріше ні», а також варіантом «Не знаю», який дає гравцеві можливість не відповідати навмання на питання, відповідь на яке він не знає. Виходячи з цього, допускаємо, що такий варіант відповідей використовується програмою як найбільш оптимальна стратегія гри.

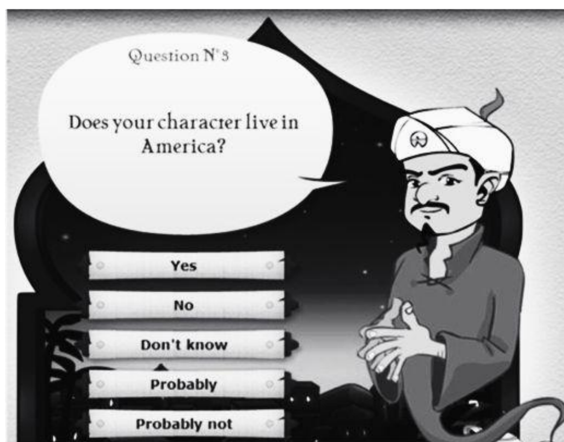


Рис. 1. Приклад питання, яке задає «Акінатор», щоб вгадати персонажа, задуманого гравцем. («Ваш персонаж живе в Америці?» – «Так», «Ні», «Не знаю», «Скоріше так», «Скоріше ні»).

Доповнення друге. Залежно від обраної відповіді, «Акінатор» обирає наступне питання, що підвищує шанси на перемогу програми. По-перше, звернемо увагу на те, що програма обирає, а не конструює питання, що буде задаватися наступним. Це означає, що розробники спочатку склали перелік питань, які, на їх погляд, є найбільш успішними інструментами для досягнення перемоги програмою. Цей перелік питань кінцевий і програма не може добудовувати нові питання. Отже, на нашу думку, ці питання повинні бути:

1. загальними (тобто такими, які дозволяють розділити всіх можливих задуманих персонажів на основні класи множин);
2. критерії, за якими складені ці множини, повинні бути відомими й зрозумілими гравцеві (тобто такими, які з високою ймовірністю дадуть можливість дати однозначну відповідь);
3. комбінація / послідовність цих питань повинна за певну, максимально допустиму кількість кроків прийти до однозначної відповіді – до конкретно загаданого гравцем персонажа, найбільш релевантного під складений на основі відповідей на запитання «Акінатора» опис.

Дані доповнення описують скоріше не сам принцип роботи програми, скільки спосіб досягнення її перемоги – стратегію. Тобто дають можливість знайти відповідь на друге завдання дослідження – *«Що дозволяє їй бути настільки ефективною?»*. Одразу ж можна здогадатися про переваги цих своєрідних властивостей програми:

1. багатозначна логіка дозволяє більш зрозуміло працювати пробабілістичній теорії й давати більш гнучку ймовірність істинності чи хибності певного судження про задуманого гравцем персонажа;
2. правильний вибір послідовності питань – основа виграшної стратегії гри й важливо не тільки які питання задає «Акінатор», а й те, яким цей набір питань буде, у якому порядку вони будуть задані. База знань повинна містити не тільки знання про множини, але й знання про те, як ці множини взаємопов'язані між собою.

Визначення, що використовується в роботі Якуба Шимко, Марії Бєлікової «Se-

mantic Acquisition Games» [2, 46] розкриває суть технік гри:

«Акінатор» – унікальна «гра для наповнення семантики» (SAG, semantic acquisition game), по наповненню Бази знань відомостями про відомих осіб або популярних персонажів. Це розрахована на одного гра, у якій штучний соціальний агент «Акінатор», просить гравця таємно (подумки) подумати про якого-небудь відомого персонажа. Далі він задає гравцеві ряд питань типу «Так?» або «Ні?» (з можливими варіантами: «Скоріше так», «Скоріше ні», «Не знаю»), після чого дає остаточну відповідь.

Це визначення вимагає розуміння задіяних у ньому термінів і, цим самим, розкриває вже не тільки суть, але й техніку, використовувану грою. Тут нас цікавить те, що «Акінатор» – це семантично наповнювана гра. Звернемося до визначення цього терміну:

«У зв'язку з постійною потребою в семантиці й метаданих для опису ресурсів в Інтернеті (й не тільки), акцент робиться на орієнтовані на людину підходи до отримання семантики. Усередині них, властивих краудсорсингу, в останнє десятиліття виникла особлива група підходів – ігри для наповнення семантики (SAG). SAG заслуговують на увагу дослідників, оскільки вони надають за дешеві кошти мотивованих робітників-людей для виконання завдань зі збору семантики» [2, 1].

Це визначення дає можливість визначити наступні висновки:

1. Одним із завдань гри «Акінатор» є наповнення семантичних значень її словника (Бази знань). Чим ширше її словник (повніше семантичне значення кожного терма), тим вищі шанси програми на перемогу в грі. Ваги значень Бази знань «Акінатор» постійно оновлюються. Гравці мають онлайн-доступ до гри й вона до сьогоднішнього дня продовжує вдосконалюватися (навчатися). На сайті гри є рядок, який вказує кількість гравців у даний момент, за час спостережень ця цифра не опускалася нижче 300 осіб. Безперервне навчання програми означає те, що воно автоматизоване, з чого ми можемо припустити, що в «Акінаторі» застосовується технологія машинного навчання для поліпшення показників її ефективності.
2. Базу знань «Акінатор» наповнюють самі гравці під час ігрового процесу. Якуб Шимко та Марія Бєлікова виділяють три основні підходи до наповнення семантики (які, як відзначають дослідники, мають властивість перетинатися між собою):

– *Робота експертів.* Включає в себе роботу експертів у предметній області, які створюють анотації до ресурсів, або онтології предметної області [5, 33-38]. Вони можуть також включати в себе інші підходи, де метадані створюються із досвідом однієї людини-експерта. Створення семантики мануально дає високоякісні результати, але не може охопити великі обсяги інформації мережі Інтернет, не будучи при цьому занадто дорогою.
– *Краудсорсинг.* Також є створенням семантики за участі людини, але здатний надавати семантику у великій кількості, хоча й з різною якістю з точки зору відповідності фактів (вони погано працюють в спеціалізованих областях). «Крауд» означає, що в процесі бере участь багато людей, що вносять свій внесок у знання. Зазвичай, це можливо завдяки тому факту, що учасники натовпу вносять свій внесок тільки в якості побічного продукту іншої основної діяльності, до якої вони зацікавлені (наприклад, додавання анотацій до зображень при організації своїх галерей зображень). Інша причина полягає в тому, що учасники крауду не є експертами щодо виконуваної ними роботи (наповнення семантики). Щоб зберегти якісні результати в цих умовах, використовуються кілька механізмів перевірки, наприклад, рішення на основі результатів відповідей множини користувачів.

Загальний краудсорсинг також включає ігрові підходи, тобто краудсорсингові ігри (іноді названі іграми з певною метою) [10, 58-67] – спеціально розроблені ігри, які перетворюють робочі завдання у розважальні. Коли ми використовуємо краудсорсингові ігри для отримання семантики, ми називаємо їх іграми для наповнення семантики (SAG). Ігри для наповнення семантики надають, за дешеві кошти, мотивованих робітників-людей для виконання завдань зі збору семантики. Дана властивість має прагматичну якість. Низька вартість витрат дозволяє забезпечити більшу кількість проведених операцій, що для подібного роду програм має особливу цінність [1, 7].

– *Методи машинного навчання.* Машинні (автоматизовані) підходи до отримання семантики реалізують різні методи обробки природної мови, інтелектуального аналізу даних і машинного навчання для анотування ресурсів або вилучення знань предметної області. Хоча вони здатні обробляти обсяги інформації навіть у масштабі мережі, вони часто страждають від неточностей, здебільшого через неоднорідну природу Інтернету й природних мов, які програми не можуть ефективно підтримувати. Проте, вони ефективно використовуються для вирішення спеціалізованих завдань, коли є достатньо даних для навчання або коли люди можуть ефективно контролювати їх. [4, 6, 8, 9, 11].

Зазначені нами висновки, що випливають із визначення, сформульованого Якубом Сімко та Марією Бєліковою, дозволяють виокремити такі аспекти роботи «Акінатора»:

1. «Акінатор» побудований не тільки на принципах експертних систем. У програмі використовуються також методи машинного навчання, які відносяться до протилежного експертним системам нейрокібернетичного напрямку, більш відомого як «нейронні мережі». Різновиди систем, які використовують обидва напрямки штучного інтелекту, називають гібридними системами.
2. «Акінатор» відноситься до ігор для наповнення семантики. Це пояснює те, яким чином програма оновлює свою Базу знань (джерело її наповнення). З огляду на це, чим більше ми змагаємося з програмою – тим краще вона вчиться, як перемогти у грі.

Висновки

Підсумуємо все, що випливає з проведеного нами аналізу розглянутих дефініцій: *програма «Акінатор»* – гра для наповнення семантики (SAG), побудована на системі, що об'єднує принципи штучного інтелекту експертних систем і нейронних мереж (гібридній системі). База знань програми грає ключову роль у досягненні успішного результату на виході – перемоги над гравцем.

Виокремлено техніки, що використовує програма:

1. Припущення про ознаки суб'єкта (помисленого персонажу) будуються за допомогою п'ятизначної логіки.
2. Множини, які містить База знань, взаємопов'язані, завдяки чому програма має можливість вибудовувати переможні стратегії.
3. Правила виводу та набір детермінованих питань, що дозволяють розпізнати початково невідомий суб’єкт, що має унікальні властивості взаємозв'язків його предикатів. Зазначене є підґрунтям навчання «Акінатора».

У праці Карур Насреддін, Улед Джаафрі Сулейман, Тауза Сара «A Report Presented For Dynamic System Module «Akinator» [3] представлена головна схема роботи «Акінатора»:

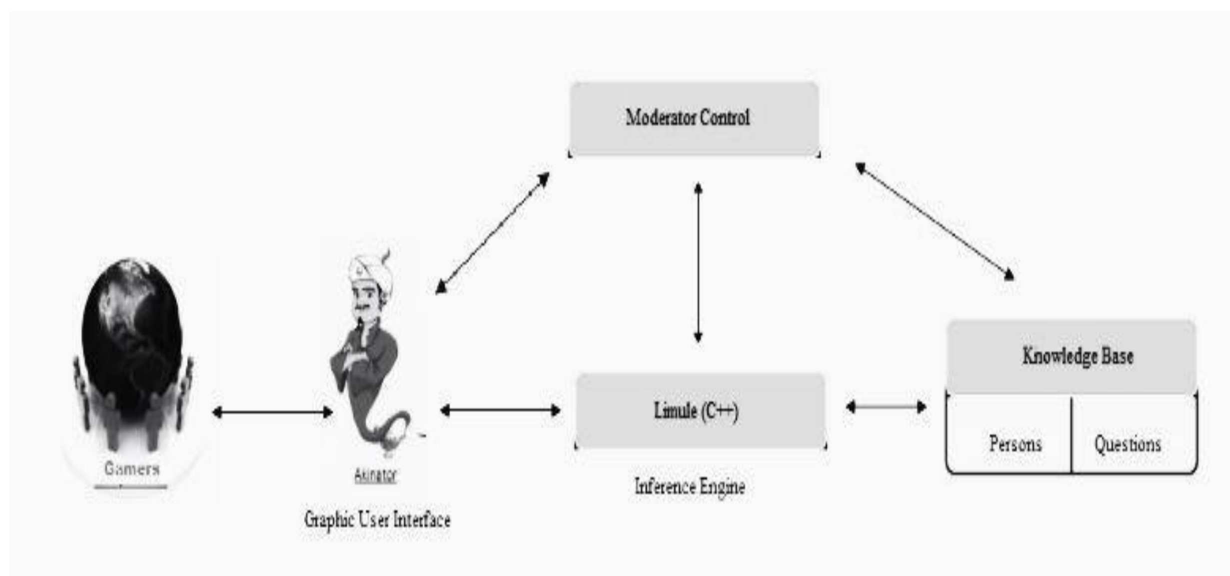


Рис. 2. Гравці ↔ Графічний інтерфейс користувача ↔ Механізм логічного висновку («Контроль модератора» + мова програмування Limule (C ++) ↔ База знань)
(картотеки «Персонажі», «Питання»).

На наступних етапах вдосконалення програми, які виходять за рамки тих даних, які наповнюються й оновлюються в ній в процесі машинного навчання, пропонуємо наступні модифікації програми, які будуть спрямовані на:

1. Здатність складати питання самостійно / автоматизовано.
2. За допомогою Semantic Web доповнювати в процесі гри картотеку «Персонажі» в Базі даних, якщо варіанти, що є в наявності в «Акінатора», мають низьку ймовірність успіху.

References

1. Bizer, C., Lehmann, J., Kobilarov, G., Auer, S., Becker, C., Cyganiak, R., Hellmann, S. (2009) *DBpedia – a crystallization point for the web of data.* Web Semant. **7**, 154–165.
2. Jakub Šimko, Mária Bieliková. (2014) *Semantic Acquisition Games. Harnessing Manpower for Creating Semantics.* Institute of Informatics and Software Engineering Slovak University of Technology Bratislava, Slovakia. Springer.
3. Karour Nasreddine, Ouled Jaafri Souleymane, Taouza Sarah. (2014) *A Report Presented For Dynamic System Module. Akinator.* University of Adrar, Algeria.
4. Kozareva, Z. (2006) *Boots trapping name dentity recognition with automatically generated gazetteer lists.* In: Proceedings of the Eleventh Conf. of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Student Research W. on - EACL'06, pp. 15–21.
5. Lenat, D.B. (1995) *CYC: a large-scale investment in knowledge infrastructure.* Commun. ACM 38 (11), p. 33-38.
6. Mcdowell L., Cafarella M. (2008). *Ontology-driven, unsupervised instance population.* WebSemantic. Sci. Serv. Agents World Wide Web **6**(3), 218–236.
7. Mullins M., Fizzano P. (2010) *Treelicious: a system for semantically navigating tagged web pages.* In: Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, IEEE/WIC/ACM International Conference, pp. 91–96.
8. Pantel P., Pennacchiotti M. (2008). *Automatically harvesting and ontologizing semantic relations.* In proceeding of the 2008 Conference on Ontology Learning and Population: Bridging the Gap between Text and Knowledge, pp. 171–195. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands.
9. Sanchez, D., Moreno, A.: Learning non-taxonomic relationships from web documents for domain ontology construction. Data Knowl. Eng. **64**(3), 600–623 (2008)
10. von Ahn, L., Dabbish, L. (2008) *Designing games with a purpose.* Commun. ACM 51 (8), p. 58-67.
11. Weichselbraun A., Wohlgenannt G., Scharl A. (2010) *Refining non-taxonomic relation labels with external structured data to support ontology learning.* Data Knowl. Eng. 69(8), pp. 763-778.

Надійшла до редакції 15.01.2020